

高炉セメントを用いたコンクリートの圧縮クリープ特性に関する検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○元濱 浩人, 渡辺 健, 鬼頭 直希, 大野 又稔, 岡本 大

1. はじめに

鉄道標準¹⁾にあるクリープひずみ予測式について, 高炉セメントコンクリートへの適用については明確には記載していない. 一方で, ASR 抑制対策等の観点から, コンクリート中のアルカリ総量が大きくなるプレストレストコンクリート (PC) 構造物等への高炉セメント適用の可能性が見込まれる. 本検討では, 普通セメント (以下, N), および置換率 60% の高炉セメント (以下, BB) を用いたコンクリートの圧縮クリープ試験を実施し, セメント種が異なるコンクリートのクリープ特性を, 鉄道標準と比較することで検討した.

2. 実験概要

表-1 に試験体の一覧を示す. 混和材, 荷重開始時の材齢, 荷重時の応力強度比, および断面直径が異なる 6 ケースの円柱形状の試験体を用意した. 荷重開始時の材齢は, 14 日および 28 日とした. 荷重開始時の応力強度比は, クリープひずみが作用応力にほぼ比例し, 顕著には損傷が進展しない範囲²⁾として, 20% および 40% とした. また, 寸法効果を確認するため, 直径 $\phi=100, 300\text{mm}$ である試験体を製作した. いずれも, 直径と高さの比は 2 である. コンクリートの配合は, 現行の PC 桁等の製作過程を前提に, 28 日で 40N/mm^2 の圧縮強度が発現することを目標とした (表-2).

また, 図-1 に $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の試験体を用いて, JIS

A 1157 に従い実施した圧縮クリープ試験を示す. 実験では, Case につき 3 体の試験体を用いている. 計測には, ひずみゲージ: 計測長 60mm, およびコンタクトゲージ: 計測長 100mm を用いて, 鉛直方向のひずみをそれぞれ 2 か所の位置で計測し, この平均値を計測値とした. 同一の Case において, 試験体や計測方法に依存した特徴的な差異は見られなかったことから, 以降の検討では, 3 体の試験体のひずみゲージの計測値の平均値を用いることとした. また, それぞれの Case におい

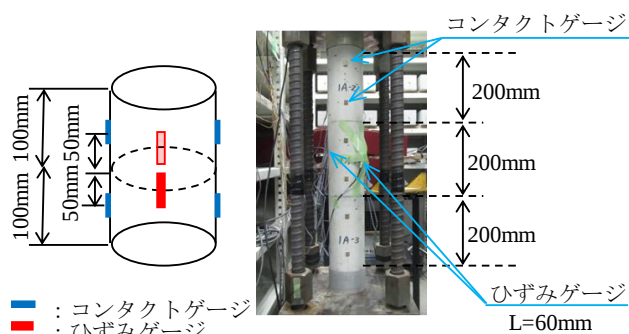


図-1 試験体および試験の状況

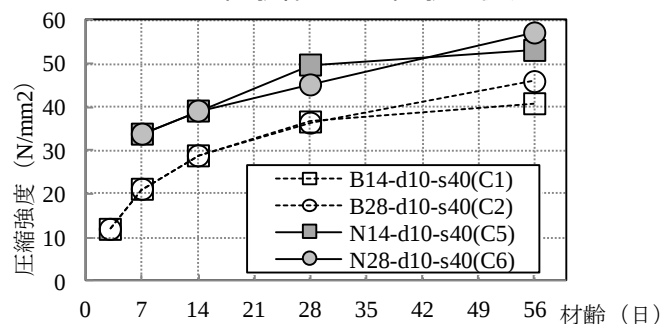


図-2 圧縮強度

表-1 荷重試験体一覧

Case	名称	セメント種	寸法 (mm)	荷重時材齢	荷重応力 (N/mm ²)		荷重時の圧縮強度 (N/mm ²)	28日圧縮強度 (N/mm ²)	V/S (mm)
1	B14-d10-s40	BB	$\phi 100 \times 200$	14日	40% $\times$ 40N/mm ²	16.0	28.8	36.6	25
2	B28-d10-s40	BB	$\phi 100 \times 200$	28日	40% $\times$ 28日強度	14.6	36.3	36.3	25
3	B28-d10-s20	BB	$\phi 100 \times 200$	28日	20% $\times$ 28日強度	8.0	39.9	39.9	25
4	B28-d30-s20	BB	$\phi 300 \times 600$	28日	20% $\times$ 28日強度	8.0	39.9	39.9	75
5	N14-d10-s40	N	$\phi 100 \times 200$	14日	40% $\times$ 40N/mm ²	16.0	39.1	49.7	25
6	N28-d10-s40	N	$\phi 100 \times 200$	28日	40% $\times$ 28日強度	18.0	45.1	45.1	25

表-2 配合条件

セメント 種	粗骨材 の最大 寸法 (mm)	スラン プ (cm)	空気量 (%)	水結合 材比 W/B (%)	細骨材 率 s/a (%)	単位量(kg/m ³)						高炉スラ グ置換率 (%)	圧縮強度 (材齢28 日) (N/mm ²)	ヤング係数 ×10 ³ (N/mm ²)	
						水 W	セメン ト C	混和材 BS	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 A				
											減水剤 (%)				AE剤 (%)
N	20	12	4.5	62	49	159	257	0	924	990	3	0.002	0	45.1	31.4
BB	20	12	4.5	52	48	161	124	186	875	968	0.8	0.002	60	36.6	25.1

keyword : クリープ, 高炉セメント

連絡先 : 〒185-8540 国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7281

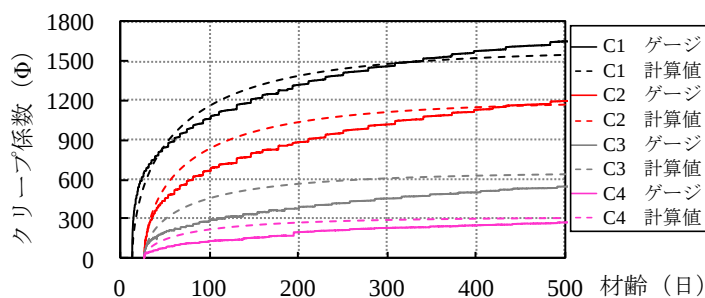


図-3 クリープひずみ測定結果

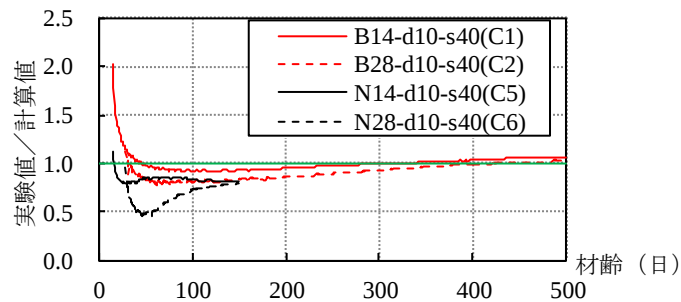


図-4 鉄道標準との比較

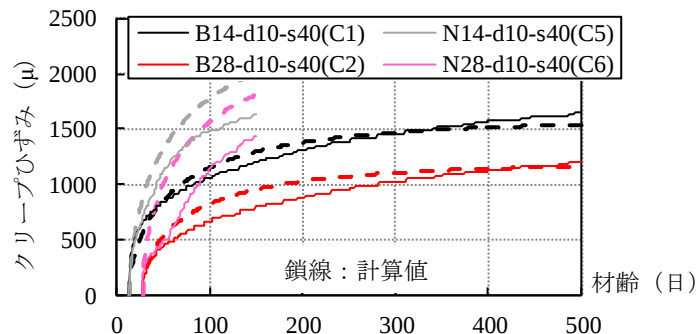


図-5 N と BB の比較

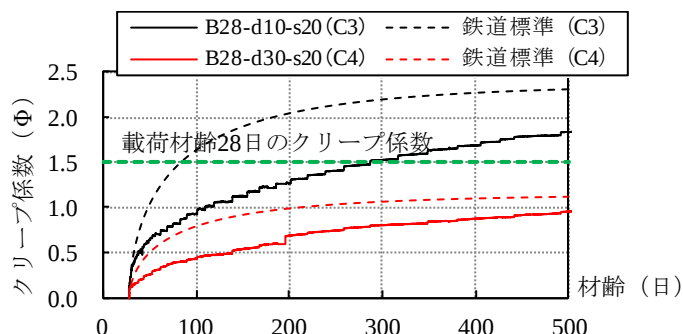


図-6 寸法効果の確認

て乾燥収縮ひずみの把握を目的に、載荷時の応力強度比が 0 (以下、無載荷試験体) である試験体を 1 体用意し、同様にひずみを計測している。

すべての試験体は、打設後 1 日後に脱型した後、載荷開始の前日まで水中で養生を行った。載荷開始後は温度 20℃、相対湿度 60%の環境で気中養生を行った。

3. 実験結果

図-2 に使用したコンクリートの、材齢に伴う圧縮強度の増加を示す。材齢 28 日では、概ね目標とした 40N/mm² となることを確認した。

図-3 に、Case1～4 のクリープひずみ測定結果を示す。クリープひずみは、各材齢における載荷試験体の計測値から、載荷直後に発生するひずみと、無載荷試験体のひずみを差し引いたものである。なお、鉄道標準に基づいた計算値を併せて示す。Case2 および Case3 を比較すると、応力強度比に概ね比例してクリープひずみが増加した。また、図-4 に、Case1,2,5,6 の、各材齢のクリープひずみを、計測値と鉄道標準に基づいた計算値の比として示す。初期の材齢では、0.5～2.0 倍程度のばらつきがあるものの、載荷期間 100 日以降は 1.0 に漸近し、計測値と計算値は概ね一致する傾向を示した。

図-5 に、Case1,2,5,6 のクリープひずみ計測値を用いて、各材齢における BB と N の関係を示す。その結果、BB は N よりも小さな傾向を示した。これは、材齢 28 日における目標圧縮強度を統一したため、強度発現過

程が異なる BB と N では、N の W/C が BB に対して大きくなることに起因するものと考えられる。このことは、W/C を関数とした鉄道標準による計算値が、実験値を概ね再現できていることから推察される。

図-6 に、Case3, 4 のクリープ係数を示す。これらの試験体は、体積表面積比(V/S)を変化させたものである。鉄道標準の適用範囲は 100mm ≤ V/S ≤ 300mm であるが、実験の都合上、V/S=25, 75 とした。V/S が大きくなると乾燥によるクリープひずみが小さくなり、クリープ係数が低減した。なお、鉄道標準では、材齢 28 日のクリープ係数の一般値を 1.5 としており、Case3 では 300 日程度で 1.5 を上回るものの、Case4 ではこれを下回ることから、500 日程度では、構造物スケールにおけるクリープひずみに対して、鉄道標準の計算値は、過小に評価することを確認した。

3.5 まとめ

圧縮クリープ試験の結果、鉄道標準によるクリープひずみの計算値は、BB に対しても概ね整合することを確認した。また、材齢 28 日の圧縮強度を統一する条件下では、同一材齢におけるクリープひずみは N が卓越すること、材齢 500 日程度では、V/S の増加に伴いクリープひずみは低下したが、計算値と比較しても小さい値を示すことを確認した。

参考文献

1) 鉄道構造物等設計標準・同解説 (コンクリート構造物), 丸善出版株式会社, 2004. 2) コンクリート標準示方書設計編, 土木学会, 2012.